

5

10

Vorrichtung zur Messung des Drucks in einem Gasgemisch

15

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Messung des Drucks in einem Gasgemisch nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

20

Eine bekannte Vorrichtung zur Messung des Absolutdrucks von Luft (DE 31 22 861 A1) weist einen nach den Diffusionsgrenzstromprinzip arbeitenden, amperometrischen Sensor, dort polarographische Messzelle genannt, auf, der aus einem Sauerstoffionen leitenden Festelektrolytkörper und zwei auf voneinander abgekehrten Seiten des Festelektrolytkörpers angeordneten Elektroden besteht, von denen die als Katode betriebene Elektrode über eine sie bedeckende poröse Diffusionsschicht der zu messenden Luft ausgesetzt ist. An die Elektroden ist eine konstante Gleichspannung gelegt. Als Folge der elektrochemischen Reduktion des Sauerstoffs wird dieser an der Katode verbraucht. Der so entstehende Konzentrationsgradient des Sauerstoffs ruft einen Diffusionsstrom von Sauerstoff durch die Diffusionsschicht hervor. Dieser ist bestimmt für die reduzierte Sauerstoffmenge und damit für das Messsignal. Die Poren der Diffusionsschicht weisen vorzugsweise einen Durchmesser auf, der klein ist gegenüber der mittleren freien Weglänge der Sauerstoffmoleküle. Unter diesen Bedingungen erfolgt der Transport der Sauerstoffionen vor allem durch die sog. Knudsen-Diffusion, wodurch eine starke Druckabhängigkeit des Diffusionsstroms und damit des Messsignals zustande kommt. Die Vorrichtung ist noch mit einer

geregelten Heizung ausgestattet, die den Sensor bzw. die Messzelle auf eine konstante Temperatur oberhalb ca. 600°C erwärmt.

5 Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Gasdruckmessung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass sie den Druck in einem Gasgemisch, bei dem die Konzentration oder der Molenbruch von Gaskomponenten nicht – wie der Molenbruch des Sauerstoffs in Luft – konstant ist, sondern zeitabhängig schwankt, sehr genau misst, und zwar dadurch, dass der Molenbruch einer Gaskomponente, die zur Druckmessung herangezogen wird, vor der Diffusionsbarriere zumindest während der Messphase auf 100% konstant gehalten wird, also an der Diffusionsbarriere die reine, zur Druckmessung herangezogene Gaskomponente ansteht. Der Messwert des amperometrischen Sensors wird durch den Massenstrom J der Gaskomponente, die durch die Diffusionsbarriere hindurchdiffundiert, bestimmt. Da im Falle der Knudsen-Diffusion der Massenstrom J gleich dem Produkt aus dem Diffusionskoeffizienten D der Diffusionsbarriere und dem Partialdruck der zur Messung herangezogenen Gaskomponente $P(GK)$ und dieser wiederum gleich dem Produkt aus Gesamtdruck P des Gasgemisches, dem Molenbruch der Gaskomponente $x(GK)$ und dem Diffusionskoeffizienten D der Diffusionsbarriere ist, also

$$J \approx D \cdot P(GK) = D \cdot x(GK) \cdot P$$

gilt, ist dadurch, dass der Molenbruch $x(GK)$ vor der Diffusionsbarriere erfindungsgemäß auf 100% konstant gehalten wird und der Diffusionskoeffizient D bei geeigneter Auslegung der Diffusionsbarriere unabhängig vom Gesamtdruck P ist, der Gesamtdruck proportional dem Massenstrom und damit dem Messwert des amperometrischen Sensors. Die zur Druckmessung herangezogene Gaskomponente ist vorzugsweise eine im Gasgemisch enthaltene Gaskomponente, kann aber auch eine solche Gaskomponente sein, die sich erst am amperometrischen Sensor bildet, z.B. durch Abspaltung von Sauerstoffionen von im fetten Abgas enthaltenen Wasseranteilen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist hochtemperaturtauglich und geeignet, zur Messung des Gasdrucks in heißen Abgasen von Verbrennungsmotoren eingesetzt zu werden.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Gasdruckmessvorrichtung möglich.

- 5 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfassen die Mittel zum Fixieren des 100% Molenbruchs der Gaskomponente ein im Festelektrolyten der Diffusionsbarriere vorgelagertes Speichervolumen für die Gaskomponente, das gegenüber dem Gasgemisch durch eine Diffusionsstrecke abgeschlossen ist, sowie zwei auf dem Festelektrolyten aufgebrachte Elektroden, die bei Anlegen einer entsprechenden, konstanten Spannung Moleküle der Gaskomponente durch den Festelektrolyten hindurch in das Speichervolumen hineinpumpen, so dass das Speichervolumen ausschließlich mit der reinen Gaskomponente gefüllt ist. Wird als Gaskomponente zur Druckmessung Sauerstoff herangezogen und die dem Gasgemisch, z.B. dem Abgas einer Brennkraftmaschine, ausgesetzte äußere Elektrode als Anode betrieben, so findet an der Dreiphasengrenze von Festelektrolyt, Elektrode und
- 10 15 Gasgemisch eine Reduktion des Sauerstoffs zu Sauerstoffionen statt, die durch den Festelektrolyten hindurchgleitet und an der Anode wieder zu elementarem Sauerstoff oxidiert werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Diffusionsbarriere eine für eine sog. Knudsen-Diffusion erforderliche Porosität auf. Eine solche Knudsen-Diffusion wird dann erreicht, wenn der Durchmesser der Poren der Diffusionsbarriere klein ist gegenüber der mittleren freien Weglänge der Gaskomponentenmoleküle, z.B. der Sauerstoffmoleküle. Wie bereits vorstehend erwähnt, ist dann der Diffusionskoeffizient der Diffusionsbarriere unabhängig vom Gasamtdruck des Messgases.

25

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Diffusionsstrecke so ausgelegt, dass sie einen geringen Druckgradienten, d.h. einen sehr niedrigen Druckabfall über den Diffusionsweg, aufweist. Die Diffusionsstrecke ist damit durchlässig genug, um einen Druckausgleich zwischen dem Speichervolumen und dem Gasgemisch zu ermöglichen und verhindert trotzdem, dass das Gasgemisch in das Speichervolumen gelangt.

30 Das Speichervolumen und die Diffusionsstrecke lassen sich gemäß weiteren Ausführungsformen der Erfindung auf unterschiedliche Weise realisieren. Bevorzugt wird das Speichervolumen durch eine im Festelektrolyten ausgebildete Kammer geschaffen, die unmit-

telbar an die Diffusionsbarriere angrenzt. Die Diffusionsstrecke wird durch eine zweite poröse Diffusionsbarriere aus keramischem Material, z.B. Aluminiumoxid (Al_2O_3), gebildet, die die Kammer zum Abgas hin begrenzt. Die zweite Diffusionsbarriere kann dabei in Teilbarrieren unterteilt werden, zwischen denen jeweils ein Hohlraum vorhanden ist. Die 5 Diffusionsstrecke kann auch von mindestens einem langgestreckten Kanal gebildet werden. Ebenso ist es möglich, Diffusionsstrecke und Speichervolumen als Einheit aus einer porösen Keramik auszuführen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Elektroden zum Pumpen der Gaskomponente Zusatzelektroden, von denen die eine als Katode betriebene Zusatzelektrode innerhalb des Speichervolumens, z.B. in der Kammer, angeordnet und die andere als Anode betriebene Zusatzelektrode dem Gasgemisch ausgesetzt ist, und ist an die Zusatzelektroden eine Gleichspannung gelegt. Dies hat den Vorteil, dass die Druckmessung kontinuierlich, also unterbrechungsfrei durchgeführt werden kann. Dabei kann vor 15 teilhaft eine Elektrode eingespart werden, indem die als Anode betriebene Zusatzelektrode mit der nicht von der Diffusionsbarriere abgeschirmten Elektrode des amperometrischen Sensors zusammengelegt wird.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung werden als Elektroden für das Pumpen der Gaskomponente die Elektroden des amperometrischen Sensors herangezogen und hierzu vor der eigentlichen Druckmessphase die Elektrodenspannung für ein Kurzzeitintervall so umgepolzt, dass die der Diffusionsbarriere zugekehrte Elektrode als Anode arbeitet. Dies hat den Vorteil, dass auf zusätzliche Elektroden mit entsprechenden Zuleitungen verzichtet werden kann. Ein gewisser Nachteil besteht darin, dass die Druckmessung 25 nur diskontinuierlich in den Phasen durchgeführt werden kann, in welchen die der Diffusionsbarriere zugekehrte Elektrode des amperometrischen Sensors als Katode betrieben wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird als Gasgemisch das Abgas 30 einer Brennkraftmaschine in Kraftfahrzeugen und als zur Druckmessung herangezogene Gaskomponente Sauerstoff verwendet. Bei dieser Anwendung der Vorrichtung zur Abgasdruckmessung ergeben sich eine Reihe von vorteilhafter Einsatzmöglichkeiten im Fahrzeug. So kann die Messgenauigkeit der eingesetzten Lambdasonden, die druckabhängig ist, durch Kompensation der Druckabhängigkeit verbessert werden. Des weiteren kann

durch die Abgasdruckmessung die Steuerung der Abgasrückführung verbessert, bei der Ladedruckregelung der Abgasgegendruck begrenzt, die Dieselpartikelfilter-Überwachung verbessert und die Beladungserkennung der Dieselpartikelfilter durch Messung des Absolutdrucks verbessert werden, da die Kenntnis des Absolutdrucks des Abgases eine genaue-

5 re Bestimmung des Strömungswiderstandes des Dieselpartikelfilter ermöglicht.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Gasdruckmessung ist besonders vorteilhaft anwendbar in einem Messfühler zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts im Abgas von Brennkraftmaschinen, sog. Lambdasonden, insbesondere Breitband-Lambdasonden. Hier 10 besteht das Problem, dass das Sondensignal abhängig vom Abgasdruck ist und der dadurch hervorgerufene Messfehler kompensiert werden muss. Die erfindungsgemäße Vorrichtung lässt sich besonders vorteilhaft in solche Messfühler integrieren, da ein Grossteil der Baukomponenten des Messfühler für die Funktionalität der Vorrichtung zur Gasdruckmessung eingesetzt werden kann und damit nur ein geringer Zusatzaufwand für die Gasdruckmes- 15 sung erforderlich ist. Dabei ist sowohl ein kontinuierlicher Betrieb der Druckmessvorrichtung möglich, so dass bei laufender Lambda-Messung auch der Gasdruck laufend gemessen und die Lambda-Messung laufend korrigiert wird, als auch ein diskontinuierlicher Betrieb möglich, bei der die Gasdruckmessung nur intervallmäßig, also bei vorübergehend ausgesetzter Lambda-Messung, durchgeführt werden kann. Während im letzten Fall außer 20 der Ausbildung des Sauerstoff-Speichervolumens und der Diffusionsstrecke im Festelektrolyten keinerlei zusätzliche Baukomponenten und Zuleitung für die Druckmessung erforderlich sind, werden im ersten Fall noch zusätzlich eine Elektrode und eine Zuleitung zu dieser Elektrode benötigt.

25 Gemäß alternativen Ausführungsformen des diskontinuierlichen Betriebs wird entweder die Referenzelektrode und die äußere Pumpelekrode oder die innere und äußere Pump-elektrode zum Sauerstoffpumpen in das im ersten Fall im Referenzkanal und im zweiten Fall am Messraum ausgebildete, durch Diffusionsbarriere und Diffusionsstrecke eingeschlossene Speichervolumen herangezogen, wozu eine entsprechende Spannung an die 30 genannten Elektroden angelegt wird. Danach wird die Spannung umgepolt und der zwischen den Elektroden der Pumpzelle fließende Grenzstrom gemessen. In dem Zeitintervall der Druckmessung wird die Lambda-Messung des Messfühlers ausgesetzt.

Messfühler, vorzugsweise Breitband-Lambdasonden, mit einer integrierten Vorrichtung zur Gasdruckmessung sind in den Ansprüche 15 – 20 angegeben. Solche Messfühler haben den Vorteil, dass neben der genauen Messung des Lambdawertes noch die durch die integrierte Druckmessvorrichtung wie vorstehend erläuterten Vorteile bezüglich Ladedruckregelung und Dieselpartikelfilter-Überwachung genutzt werden können, ohne dass separate Drucksensoren eingebaut werden müssen.

Zeichnung

10

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen im folgenden näher beschrieben. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- 15 Fig. 1 einen Querschnitt einer Vorrichtung zur Gasdruckmessung mit kontinuierlicher Druckmessung,
- 20 Fig. 2 jeweils eine gleiche Darstellung wie in Fig. 1
 bis 4 einer modifizierten Vorrichtung zur Gasdruckmessung gemäß dreier Ausführungsbeispiele,
- 25 Fig. 5 einen Querschnitt einer Vorrichtung zur Gasdruckmessung mit diskontinuierlicher Druckmessung,
- Fig. 6 einen Längsschnitt einer Breitband- Lambdasonde mit integrierter Druckmessvorrichtung für kontinuierliche Druckmessung,
- Fig. 7 einen Längsschnitt einer Breitband-Lambdasonde mit integrierter Druckmessvorrichtung für diskontinuierliche Druckmessung,
- 30 Fig. 8 einen Längsschnitt einer Breitband-Lambdasonde mit integrierter Druckmessvorrichtung gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel für diskontinuierliche Druckmessung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die in Fig. 1 schematisiert dargestellte Vorrichtung zur Messung des Drucks in einem Gasgemisch weist einen nach dem Grenzstromprinzip arbeitenden amperometrischen Sensor 10 auf. Dieser Sensor 10 misst die Konzentration einer Gaskomponente, z.B. die Sauerstoffkonzentration im Abgas einer Brennkraftmaschine. Der amperometrische Sensor 10 weist einen Festelektrolyten 11 und zwei auf dem Festelektrolyten 11 aufgebrachte Elektroden 12, 13 sowie eine poröse Diffusionsbarriere 14 auf, bei der die Durchmesser der Poren klein gegenüber der mittleren freien Weglänge der Gaskomponente, deren Konzentration gemessen wird, sind. Durch diese Porosität findet in der Diffusionsbarriere 14 eine sog. Knudsen-Diffusion statt, wodurch der Diffusionskoeffizient der Diffusionsbarriere 14 unabhängig von dem Gesamtdruck des Gasgemisches wird. Von den beiden Elektroden 12, 13 ist eine erste außen auf dem Festelektrolyt 11 angeordnet und damit dem Gasgemisch ausgesetzt, während die zweite in einem im Festelektrolyten 11 ausgebildeten Hohlraum 15 angeordnet ist, der von der Diffusionsbarriere 14 abgeschlossen ist. Dabei kann die Diffusionsbarriere 14 auch unmittelbar auf der Elektrode 13 aufgebracht sein, so dass der Hohlraum 15 entfällt. An die beiden Elektroden 12, 13 ist eine konstante Gleichspannung angelegt, und zwar derart, dass die außenliegende erste Elektrode 12 als Anode und die im Hohlraum 15 angeordnete zweite Elektrode 13 als Katode betrieben wird. Im Stromkreis der an die Spannungsquelle 16 angeschlossenen beiden Elektroden 12, 13 ist ein Messwiderstand 17 eingeschaltet, an dem eine dem im Stromkreis fließenden Grenzstrom proportionale Spannung abnehmbar ist. Zur Vereinfachung der Beschreibung wird im folgenden die Wirkungsweise des amperometrischen Sensors 10 zur Messung der Sauerstoffkonzentration im Abgas einer Brennkraftmaschine beschrieben, wobei die Konzentration einer beliebigen Gaskomponenten, z.B. auch Wasserstoff, in einem beliebigen Gasgemisch erfasst werden kann.

Bei Anlegen einer Gleichspannung an die Elektroden 12, 13 wird das am Messwiderstand 17 abnehmbare Messsignal des amperometrischen Sensors 10 durch den Massenstrom J des Sauerstoffs bestimmt, der durch die Diffusionsbarriere 14 hindurchtritt. Dieser Massenstrom berechnet sich zu

$$J \approx D \cdot P(O_2) = D \cdot x(O_2) \cdot P,$$

wobei D der Diffusionskoeffizient der Diffusionsbarriere 14, P(O₂) der Sauerstoffpartialdruck, P der Gesamtdruck des Abgases und x(O₂) der Molenbruch des Sauerstoffs ist. Da in der Diffusionsbarriere 14 aufgrund der gewählten Porengröße Knudsen-Diffusion stattfindet, ist der Diffusionskoeffizient D vom Gesamtdruck P unabhängig und das Messsignal
5 proportional dem Sauerstoffpartialdruck P(O₂). In dem beschriebenen Sensor wird nunmehr der Molenbruch des Sauerstoffs x(O₂) vor der Diffusionsbarriere 14 bei 100% fixiert, so dass vor der Diffusionsbarriere 14 reiner Sauerstoff ansteht. Damit ist der Massenstrom J direkt proportional dem Gesamtdruck P des Abgases und der über den Messwiderstand 17 fließende Grenzstrom ein Maß für den Gesamtdruck P des Abgases. Die Fixierung des Molenbruchs des Sauerstoffs x(O₂) auf 100% wird dadurch erreicht, dass im Festelektrolyten 11 ein sich unmittelbar an die Diffusionsbarriere 14 anschließendes Speichervolumen 18 für Sauerstoff vorgesehen wird, das über eine Diffusionsstrecke 19 mit dem Abgas in Verbindung steht, und zusätzliche Maßnahmen getroffen sind, um Sauerstoff durch den Festelektrolyten 11 hindurch in das Speichervolumen 18 hineinzupumpen, so
10 dass im Speichervolumen 18 der Molenbruch des Sauerstoffs x(O₂) zumindest während der Druckmessphase der Vorrichtung auf 100% gehalten wird, also das Speichervolumen 18 mit reinem Sauerstoff gefüllt ist. Die Diffusionsstrecke 19 ist so ausgelegt, dass sie einen geringen Druckgradienten aufweist und damit ein Druckausgleich zwischen dem Speichervolumen 18 und dem Abgas möglich ist, und dass sie eine Diffusion des Abgases in dem
15 Speicher 18 verhindert.
20

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist das Speichervolumen 18 von einer zwischen der Diffusionsbarriere 14 und der Diffusionsstrecke 19 im Festelektrolyten ausgebildeten Kammer 40 zur Verfügung gestellt, und die Diffusionsstrecke 19 ist von einer porösen Diffusionsbarriere 41 aus keramischem Material, z.B. Aluminiumoxid (Al₂O₃), gebildet. Anstelle der einen Diffusionsbarriere 41 können mehrere Diffusionsbarrieren 41', 41'' hintereinander angeordnet werden, wobei zwischen den einzelnen Diffusionsbarrieren jeweils ein Hohlraum 42 vorhanden ist (Fig. 2). Die Diffusionsstrecke 19 kann auch durch einen oder mehrere langgestreckte Kanäle 43 realisiert werden, die durch einsprechende Auslegung ihres Querschnitts und ihrer Länge den Erfordernissen der Diffusionsstrecke 19 genügen (Fig. 3). Speichervolumen 18 und Diffusionsstrecke 19 können als Einheit ausgebildet sein, z.B. als ein Füllstück 44 aus keramischem Material, z. B. Aluminiumoxid (Al₂O₃), das sich unmittelbar an die Diffusionsbarriere 14 anschließt (Fig. 4).

Zum Pumpen des Sauerstoffs in das Speichervolumen 18 bzw. in die Kammer 40 sind im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 auf dem Festelektrolyten 11 zwei Zusatzelektroden 20, 21 so aufgebracht, dass die eine Zusatzelektrode 20 dem Abgas ausgesetzt ist und die andere Zusatzelektrode 21 in der Kammer 40 angeordnet ist. Mittels einer Spannungsquelle 22 wird an die beiden Zusatzelektroden 20, 21 eine konstante Gleichspannung derart angelegt, dass die in der Kammer 40 angeordnete Zusatzelektrode 21 als Anode und die dem Abgas ausgesetzte Zusatzelektrode 20 als Katode fungiert. An der Dreiphasengrenze von Festelektrolyt 11, Zusatzelektrode 20 und Abgas findet eine Reduktion von Sauerstoff zu Sauerstoffionen statt, die durch den Festelektrolyten 11 hindurchgeleitet und an der Zusatzelektrode 21 wieder zu elementarem Sauerstoff oxidiert werden. Auf diese Weise wird ständig Sauerstoff in die Kammer 40 hineingepumpt. Die die Diffusionsstrecke 19 bildende zweite Diffusionsbarriere 41 ist so ausgelegt, dass sie einen geringen Druckgradienten aufweist, d.h. einen geringen Druckabfall oder Druckverlust über den Diffusionsweg. Durch diese Auslegung der zweiten Diffusionsbarriere 41 ist diese durchlässig genug, um einerseits einen Druckausgleich zwischen der Kammer 40 und dem Abgas herzustellen und andererseits eine Diffusion des Abgases in die Kammer 40 zu verhindern. Der Sauerstoff diffundiert durch die erste Diffusionsbarriere 14 hindurch und gelangt an die Elektrode 13 des amperometrischen Sensors 10. An der Dreiphasengrenze Festelektrolyt 11, Elektrode 13 und Sauerstoff wird der Sauerstoff wiederum zu Sauerstoffionen reduziert, die durch den Festelektrolyten 11 hindurchwandern und an der ersten Elektrode 12 des amperometrischen Sensors 10 wieder zu Sauerstoff oxidiert werden. Die erste Diffusionsbarriere 14 sorgt dafür, dass jedes ankommende Sauerstoffmolekül unmittelbar in Sauerstoffionen umgewandelt wird, so dass im Hohlraum 15 stets eine Sauerstoffkonzentration nahe Null herrscht. Der Sauerstoffionentransport durch den Festelektrolyten 11, der sog. Massenstrom J , ergibt einen durch den Messwiderstand 17 fließenden Grenzstrom, der nach dem vorstehend Ausgeföhrten ein Maß für den Gesamtdruck des Abgases ist.

In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 – 4 ist die Anordnung der Elektroden 12, 13 und Zusatzelektroden 20, 21 in gleicher Weise wie in Fig. 1 vorgenommen. Die Zusatzelektrode 21 ist dabei immer im Speichervolumen 18 angeordnet, das in den Ausführungsbeispielen der Fig. 2 und 3 wie in Fig. 1 eine von der Diffusionsbarriere 14 und der Diffusionsstrecke 19 begrenzte Kammer 40 ist. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 ist die "Kammer" mit dem porösen Keramikmaterial der als Diffusionsbarriere 41 ausgebildeten Diffusions-

strecke 19 ausgefüllt. Das Keramikmaterial, z.B. Aluminiumoxid (Al_2O_3), deckt die Zusatzelektrode 21 ab und reicht bis an die Diffusionsbarriere 41.

Das in Fig. 5 dargestellte Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zur Gasdruckmessung ist 5 insoweit modifiziert, als die Zusatzelektroden mit Spannungsquelle entfallen sind und zum Sauerstoffpumpen in das wiederum von einer Kammer 40 zur Verfügung gestellte Speichervolumen 18 hinein die Elektroden 12, 13 des amperometrischen Sensors 10 verwendet werden, der hierzu intervallmäßig von einer Messphase, in dem der Gasdruck gemessen wird, auf eine Pumpphase, in der die Kammer 40 mit reinem Sauerstoff gefüllt wird, umgeschaltet werden muss. Hierzu ist eine schematisch dargestellte Schalteinrichtung 23 vorgesehen, durch deren Umschaltung die beiden Elektroden 12, 13 des amperometrischen Sensors 10 wechselweise als Anode oder als Katode betrieben werden können. Zum Sauerstoffpumpen wird die Schalteinrichtung 23 so geschaltet, dass die zweite Elektrode 13 als Anode und die erste Elektrode 12 als Katode betrieben wird, so dass – wie vorstehend beschrieben – reiner Sauerstoff in den Hohlraum 15 und durch die Diffusionsbarriere 14 hindurch in die Kammer 40 gepumpt wird. Zur Druckmessung wird nunmehr die Schalteinrichtung 23 in der in Fig. 5 dargestellten Schaltstellung zurückgeschaltet, so dass nunmehr die erste Elektrode 12 als Anode und die zweite Elektrode 13 als Katode betrieben ist. Wie bereits zu Fig. 1 ausgeführt ist, wandern dadurch Sauerstoffionen von der Elektrode 13 10 durch den Festelektrolyten 11 hindurch zu der ersten Elektrode 12, und der sich dadurch in dem Stromkreis der Elektroden 12, 13 einstellende Grenzstrom ist ein Maß für den Gesamtdruck des Abgases. Der Vorteil dieser Vorrichtung besteht darin, dass die Zusatzelektroden 20, 21 nebst Zuleitungen eingespart werden können. Allerdings ist nur ein diskontinuierlicher Betrieb möglich, in dem wechselweise Sauerstoff gepumpt und der Abgasdruck 15 gemessen wird. Selbstverständlich kann die Ausbildung von Speichervolumen 18 und Diffusionsstrecke 19 im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 wie in Fig. 2, 3 oder 4 dargestellt vorgenommen werden.

Die vorstehend in verschiedenen Ausführungsbeispielen beschriebene Vorrichtung zur 30 Gasdruckmessung in Gasgemischen eignet sich besonders für den Einsatz bei Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen, da sie sich besonders einfach in die hier eingesetzten Lambdasonden zur Abgasmessung integrieren lässt und folgende Vorteile bietet:

Das Lambda-Signal, das ein Maß für die Konzentration des Sauerstoffs im Abgas ist, ist vom Gasdruck abhängig und ist somit fehlerbehaftet. Mittels der Gasdruckmessvorrichtung kann der Abgasdruck gemessen und der Fehler kompensiert werden. Bei Brennkraftmaschinen mit Abgasrückführung kann durch Kenntnis des Abgasdrucks die Steuerung der 5 Abgasrückführung verbessert werden. Ebenso kann bei Ladedruckregelung der Abgasgegendruck begrenzt werden. Bei Dieselmotoren mit Dieselpartikelfilter kann die Dieselpartikelfilter-Überwachung durch die Abgasdruckmessung überwacht werden. Dabei lässt sich die Beladungserkennung durch Ergänzung des mit herkömmlichen Drucksensoren 10 gemessenen Differenzdruckssignals mit einem mittels der Gasdruckmessvorrichtung gemessenen Absolutdrucksignal wesentlich verbessern, da der Strömungswiderstand des Dieselpartikelfilters genauer bestimmt werden kann.

In den Fig. 6 – 8 sind drei Ausführungsbeispiele einer sog. Breitband-Lambdasonde mit integrierter Druckmessvorrichtung im Längsschnitt schematisch dargestellt. Da die Lambdasonde selbst einen amperometrischen Sensor 10 darstellt, kann dieser durch geringe Modifikationen zugleich zur Abgas-Druckmessung herangezogen werden. 15

Wie bekannt ist, weist der amperometrische Sensor 10 einen als Schichtverbund hergestellten Festelektrolyten 11 aus yttriumstabilisiertem Zirkoniumoxid (ZrO_2) auf, mit dem eine 20 sog. Pumpzelle 24 und eine Konzentrations- oder Nernstzelle 25 aufgebaut ist. Zum Aufbau der Pumpzelle 24 ist im Festelektrolyten 11 ein Messraum 26 vorgesehen, der durch eine Diffusionsbarriere 27 gegenüber einem Abgaszutrittsloch 28 abgetrennt ist. Auf der Oberfläche des Festelektrolyten 11 ist eine von einer porösen Schutzschicht 29 abgedeckte, äußere Pumpelektrode 30 und im Innern des Messraums 26 auf dem Festelektrolyten 11 25 eine innere Pumpelektrode 31 der Pumpzelle 24 angeordnet. Zur Ausbildung der Nernstzelle 25 ist im Festelektrolyten 11 ein Referenzgaskanal 32 vorgesehen, in dem eine Referenzelektrode der Nernstzelle 25 einer gepumpten Sauerstoffreferenz ausgesetzt. Eine Nernst- oder Messelektrode 34 der Nernstzelle 25 ist in dem Messraum 26 auf dem Festelektrolyten 11 angeordnet. Zusätzlich ist im Festelektrolyten 11 noch eine Heizeinrich- 30 tung mit einem in einer Isolierung 35, z.B. Aluminiumoxid (Al_2O_3), eingebetteten elektrischen Heizleiter 36 vorhanden. Die Funktionsweise der Breitband-Lambdasonde ist bekannt und beispielsweise in der DE 199 41 051 A1 beschrieben.

In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 6 ist die kontinuierlich messende Gasdruckmessvorrichtung gemäß Fig. 1 dadurch integriert, dass der Referenzgaskanal 32 mit einer vom Abgas beaufschlagten Öffnung 37 versehen ist und im Referenzgaskanal 32 zwischen dieser Öffnung 37 und der Referenzelektrode 33 die Diffusionsstrecke 19 und das dieser zur Referenzelektrode 33 hin vorgelagerte Speichervolumen 18 für Sauerstoff ausgebildet ist. Das Speichervolumen 18 wird wiederum von einer Kammer 40 zur Verfügung gestellt, und die Diffusionsstrecke 19 ist als poröse Diffusionsbarriere 41 mit kleinem Druckgradienten ausgebildet. Im Referenzgaskanal 32 ist auf der von der Diffusionsstrecke 19 abgekehrten Seite der Referenzelektrode 33 die Elektrode 13 auf dem Festelektrolyten 11 angeordnet, die mit der äußeren Pumpelektrode 30 zur Druckmessung verwendet wird, so dass im Vergleich zu Fig. 1 die äußere Pumpelektrode 30 der Pumpzelle 24 die Funktion der Elektrode 12 des amperometrischen Sensors 10 wahmimmt. In der Zuleitung 38 zur Elektrode 13 ist der Messwiderstand 17 angeordnet. Die Elektrode 13 ist durch die Diffusionsbarriere 14 gegenüber der die Referenzelektrode 33 aufnehmenden Kammer 40 abgetrennt. Die Referenzelektrode 33 realisiert zusammen mit der äußeren Pumpelektrode 30 der Pumpzelle 24 das Sauerstoffpumpen in die Kammer 40, so dass in letzterer immer 100% Sauerstoff vorliegt.

In den Lambdasonden gemäß Fig. 7 und 8 ist jeweils die mit diskontinuierlicher Druckmessung arbeitende Gasdruckmessvorrichtung gemäß Fig. 5 integriert. In beiden Ausführungsbeispielen ist die eigentliche Lambdasonde zur Abgasmessung identisch mit der in Fig. 6 ausgeführt, so dass gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 7 ist, wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 6, der Referenzgaskanal 32 mit einer Öffnung 37 versehen, die mit Abgas beaufschlagt ist. Zwischen der Öffnung 37 und der Referenzelektrode 33 ist im Referenzgaskanal 32 die Diffusionsstrecke 19 (Diffusionsbarriere 41) und das vorgelagerte Speichervolumen 18 (Kammer 40) ausgebildet. Das Speichervolumen 18 (Kammer 40) ist gegenüber der Referenzelektrode 33 durch die Diffusionsbarriere 14 mit Knudsen-Diffusion getrennt. Wie zu Fig. 5 beschrieben ist, erfolgt hier das Sauerstoffpumpen in die Kammer 40 hinein durch entsprechende Beschaltung der äußeren Pumpelektrode 30 der Pumpzelle 24 und der Referenzelektrode 33, so dass im Vergleich zu Fig. 5 die äußere Pumpelektrode 30 der Pumpzelle 24 und die Referenzelektrode 33 die Funktion der Elektroden 12, 13 des amperometrischen Sensors 10 wahrnehmen. Zum Messen des Abgasdrucks werden, wie zu Fig. 5 beschrie-

ben, die Spannungspotentiale an äußerer Pumpelektrode 30 und Referenzelektrode 33 umgeschaltet.

In dem Ausführungsbeispiel der Lambdasonde mit integrierter Druckmessvorrichtung gemäß Fig. 8 wird intervallmäßig die Pumpzelle 24 zur Gasdruckmessung herangezogen. Hierzu ist im Festelektrolyten 11 ein Verbindungskanal 39 mit einer Kanalöffnung 391 zum Abgas hin zum Messraum 26 hergestellt, in dem die Diffusionsstrecke 19 und das dieser zum Messraum 26 hin vorgelagerte Speichervolumen 18 für Sauerstoff ausgebildet sind. Die Diffusionsstrecke 19 ist als poröse Diffusionsbarriere 41 aus keramischem Material ausgeführt, und das Speichervolumen 18 ist als Kammer 40 ausgebildet. In der ersten Diffusionsbarriere 14 findet Knudsen-Diffusion statt. Die zweite Diffusionsbarriere 41 weist wiederum einen möglichst geringen Druckgradienten auf, so dass ein Druckausgleich zwischen der Kammer 40 und dem Abgas stattfinden kann. Wie bei der Lambdasonde gemäß Fig. 7 findet auch hier die Gasdruckmessung in Kurzzeitintervallen statt, in denen die Lambdamessung ausgesetzt ist. Die Gasdruckmessung erfolgt wie zu Fig. 5 beschrieben, wobei die beiden Pumpelektroden 30, 31 der Pumpzelle 24 die Funktion der Elektroden 12 und 13 in Fig. 5 übernehmen und während der Gasdruckmessung eine Umschaltung der an den Elektroden 30, 31 liegenden Spannung von der Pumpphase in die Messphase vorgenommen wird.

5

10

15 Ansprüche

1. Vorrichtung zur Messung des Drucks in einem Gasgemisch mit einem nach dem Grenzstromprinzip arbeitenden amperometrischen Sensor (10), der zwei auf einen Festelektrolyten (11) aufgebrachte, mit einer Gleichspannung belegte Elektroden (12, 13) aufweist, von denen eine Elektrode (13) von einer Diffusionsbarriere (14) abgeschirmt ist, und mit einem Messelement (17) zur Messung des über die Elektroden (12, 13) fließenden Grenzstroms als Maß für den Gasdruck, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, die zumindest während der Messphase den Molenbruch einer zur Druckmessung herangezogenen Gaskomponente vor der Diffusionsbarriere (14) auf konstant 100% fixieren.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel ein im Festelektrolyten (11) der Diffusionsbarriere (14) vorgelagertes Speichervolumen (18) für die Gaskomponente, eine das Speichervolumen (18) zum Gasgemisch hin abschließende Diffusionsstrecke (19) und zwei am Festelektrolyten (11) angeordnete Elektroden zum Pumpen der Gaskomponente durch den Festelektrolyten (11) hindurch in das Speichervolumen (18) aufweisen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsstrecke (19) so ausgebildet ist, dass sie einen kleinen Druckgradienten aufweist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Speichervolumen (18) von einer an die Diffusionsbarriere (14) sich anschließenden Kammer

(40) und die Diffusionsstrecke (19) von einer die Kammer (40) verschließenden zweiten Diffusionsbarriere (41) aus keramischem Material, vorzugsweise Aluminiumoxid (Al_2O_3), gebildet ist.

- 5 5. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Speicher-volumen (18) von einer an die Diffusionsbarriere (14) sich anschließenden Kammer (40) und die Diffusionsstrecke (19) von mindestens einem langgestreckten Kanal (43) gebildet ist.
- 10 6. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Speicher-volumen (18) und die Diffusionsstrecke (19) von einem porösen Füllstück (44) aus keramischem Material, vorzugsweise Aluminiumoxid (Al_2O_3), gebildet sind, das an die Diffusionsbarriere (14) angrenzt.
- 15 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsbarriere (14) eine für Knudsen-Diffusion erforderliche Porösität aufweist.
- 20 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 – 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden zum Pumpen der Gaskomponente Zusatzelektroden (20, 21) sind, von denen eine als Anode betriebene Zusatzelektrode (21) innerhalb des Speichervolu-mens (18) angeordnet und eine als Katode betriebene Zusatzelektrode (20) dem Gasgemisch ausgesetzt ist und dass an den Zusatzelektroden (20, 21) eine Gleich-spannung angelegt ist.
- 25 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 – 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden zum Pumpen der Gaskomponente von den Elektroden (12, 13) des am-perometrischen Sensors (10) gebildet sind, deren Elektrodenspannung vor der Druckmessphase für ein Zeitintervall so umpolbar ist, dass die von der Diffusions-barriere (14) abgeschirmte Elektrode (13) als Anode betrieben ist.
- 30 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Gasgemisch das Abgas einer Brennkraftmaschine und die Gaskomponente Sauer-stoff ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch die Verwendung in einem Messfühler zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration im Abgas einer Brennkraftmaschine, indem Elektroden des Messfühlers als Elektroden des amperometrischen Sensors (10) und zum Pumpen der Gaskomponente eingesetzt sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 9 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler eine Nernstzelle (25), bestehend aus einem Festelektrolyten (11) und zwei auf diesem angeordneten Elektroden (34, 33), von denen eine Nernst- oder Messelektrode (34) in einem im Festelektrolyten (11) ausgebildeten Messraum (26) angeordnet und eine Referenzelektrode (33) in einem im Festelektrolyten (11) ausgebildeten Referenzgaskanal (32) einer gepumpten Sauerstoffreferenz ausgesetzt ist, sowie eine Pumpzelle (24), bestehend aus einem Festelektrolyten (11) und zwei auf diesem angeordneten Pumpelektroden (30, 31), aufweist, von denen eine äußere Pumpelektrode (30) dem Abgas ausgesetzt und eine innere Pumpelektrode (31) im Messraum (26) angeordnet ist, und dass in einem in dem Messraum (26) mündenden Verbindungskanal (39) zum Abgas die Diffusionsstrecke (19) mit zum Messraum (26) hin vorgelagertem Speichervolumen (18) ausgebildet ist, die Diffusionsbarriere (14) zwischen Messraum (26) und Speichervolumen (18) angeordnet ist und die Pumpelektroden (30, 31) intervallmäßig zum Sauerstoffpumpen und zur Gasdruckmessung genutzt werden.
13. Vorrichtung nach Anspruch 9 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler eine Nernstzelle (25), bestehend aus einem Festelektrolyten (11) und zwei auf diesem angeordneten Elektroden (33, 34), von denen eine Nernst- oder Messelektrode (34) in einem im Festelektrolyten (11) ausgebildeten Messraum (26) angeordnet und eine Referenzelektrode (33) in einem im Festelektrolyten (11) ausgebildeten Referenzgaskanal (32) einer gepumpten Sauerstoffreferenz ausgesetzt ist, sowie eine Pumpzelle (24), bestehend aus einem Festelektrolyten (11) und zwei auf diesem angeordneten Pumpelektroden (30, 31), aufweist, von denen eine äußere Pumpelektrode (30) dem Abgas ausgesetzt und eine innere Pumpelektrode (31) im Messraum (26) angeordnet ist, und dass der Referenzgaskanal (32) mit einer dem Abgas ausgesetzten Öffnung (37) versehen ist, im Referenzgaskanal zwischen Referenzelektrode (33) und Öffnung (37) die Diffusionsstrecke (19) und das dieser vorgela-

gerte Speichervolumen (18) ausgebildet sind, zwischen Speichervolumen (18) und Referenzelektrode (33) die Diffusionsbarriere (14) angeordnet ist und zum Sauerstoffpumpen und zur Gasdruckmessung intervallweise die äußere Pumpelektrode (30) und die Referenzelektrode (33) durch Umschaltung ihrer Spannungspotentiale genutzt werden.

- 5
14. Vorrichtung nach Anspruch 8 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler eine Nernstzelle (25), bestehend aus einem Festelektrolyten (11) und zwei auf diesem angeordneten Elektroden (34, 33), von denen eine Nernst- oder Messelektrode (34) in einem im Festelektrolyten (11) ausgebildeten Messraum (26) angeordnet und eine Referenzelektrode (33) in einem im Festelektrolyten (11) ausgebildeten Referenzgaskanal (32) einer gepumpten Sauerstoffreferenz ausgesetzt ist, sowie eine Pumpzelle (24), bestehend aus einem Festelektrolyten (11) und zwei auf diesem angeordneten Pumpelektroden (30, 31), aufweist, von denen eine äußere Pumpelektrode (30) dem Abgas ausgesetzt und eine innere Pumpelektrode (31) im Messraum (26) angeordnet ist, und dass der Referenzgaskanal (32) mit einer vom Abgas ausgesetzten Öffnung (37) versehen ist, im Referenzgaskanal (32) zwischen Referenzelektrode (33) und Öffnung (37) die Diffusionsstrecke (19) und das dieser vorgelagerte Speichervolumen (18) ausgebildet sind, im Referenzgaskanal (32) auf der von der Diffusionsstrecke (19) abgekehrten Seite der Referenzelektrode (33) die Diffusionsbarriere (14) und auf der von der Referenzelektrode (33) abgekehrten Seite der Diffusionsbarriere (14) die als Anode betriebene zweite Elektrode (13) des amperometrischen Sensors (10) angeordnet ist und zum Sauerstoffpumpen die äußere Pumpelektrode (30) und die Referenzelektrode (33) und zur Gasdruckmessung die äußere Pumpelektrode (30) und die zweite Elektrode (13) des amperometrischen Sensors (10) herangezogen sind.
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
15. Messfühler zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration im Abgas einer Brennkraftmaschine, insbesondere Breitband-Lambdasonde, mit einer Nernstzelle (25), bestehend aus einem Festelektrolyten (11) und zwei darauf angeordneten Elektroden (33, 34), von denen eine Mess- oder Nernselektrode (34) in einem im Festelektrolyten (11) ausgebildeten Messraum (26) angeordnet und eine Referenzelektrode (33) in einem im Festelektrolyten (11) ausgebildeten Referenzgaskanal (32) einer gepumpten Sauerstoffreferenz ausgesetzt ist, und mit einer Pumpzelle (24),

bestehend aus einem Festelektrolyten (11) und zwei auf diesem angeordneten Pumpenelektroden (30, 31), von denen eine äußere Pumpenelektrode (30) dem Abgas ausgesetzt und eine innere Pumpenelektrode (31) im Messraum (26) angeordnet ist, gekennzeichnet durch eine integrierte Vorrichtung zur Messung des Drucks im Abgas nach einem der Ansprüche 1 - 14.

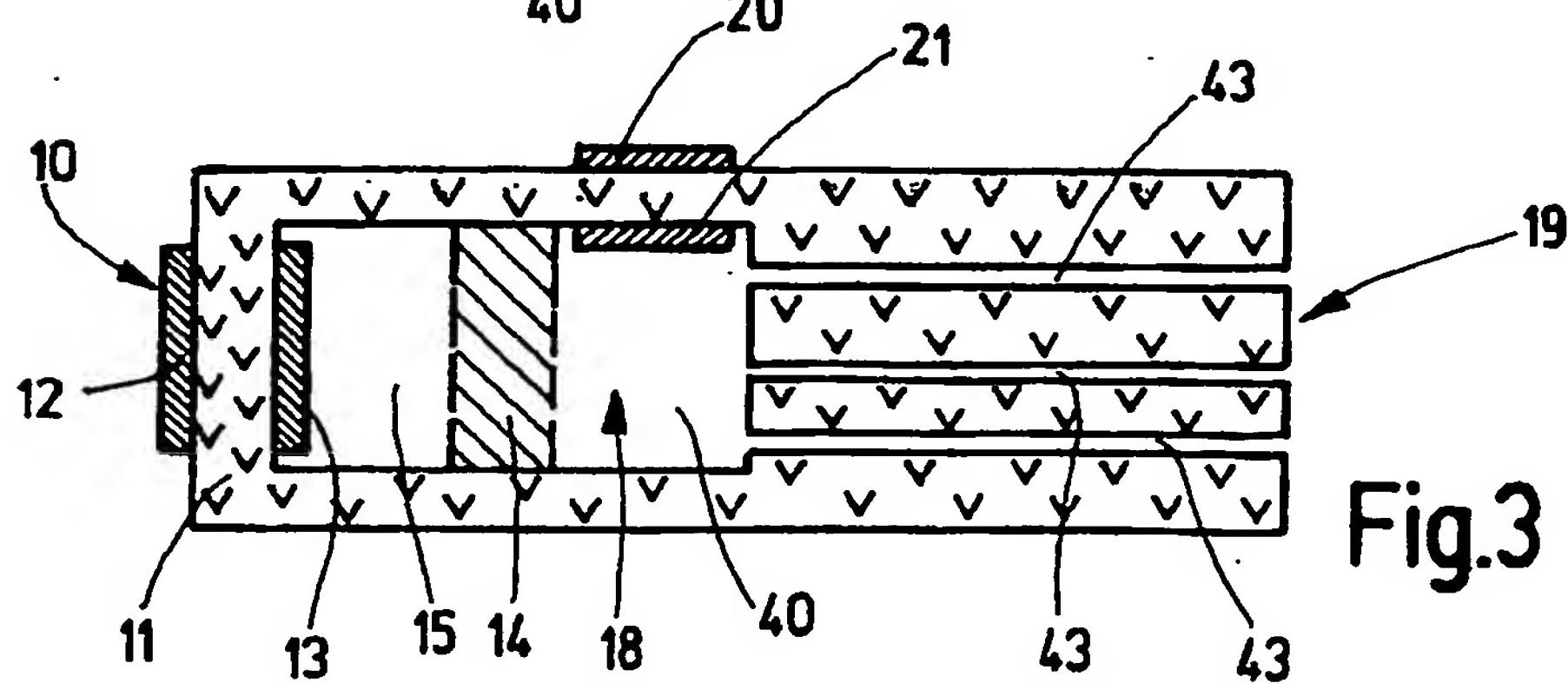
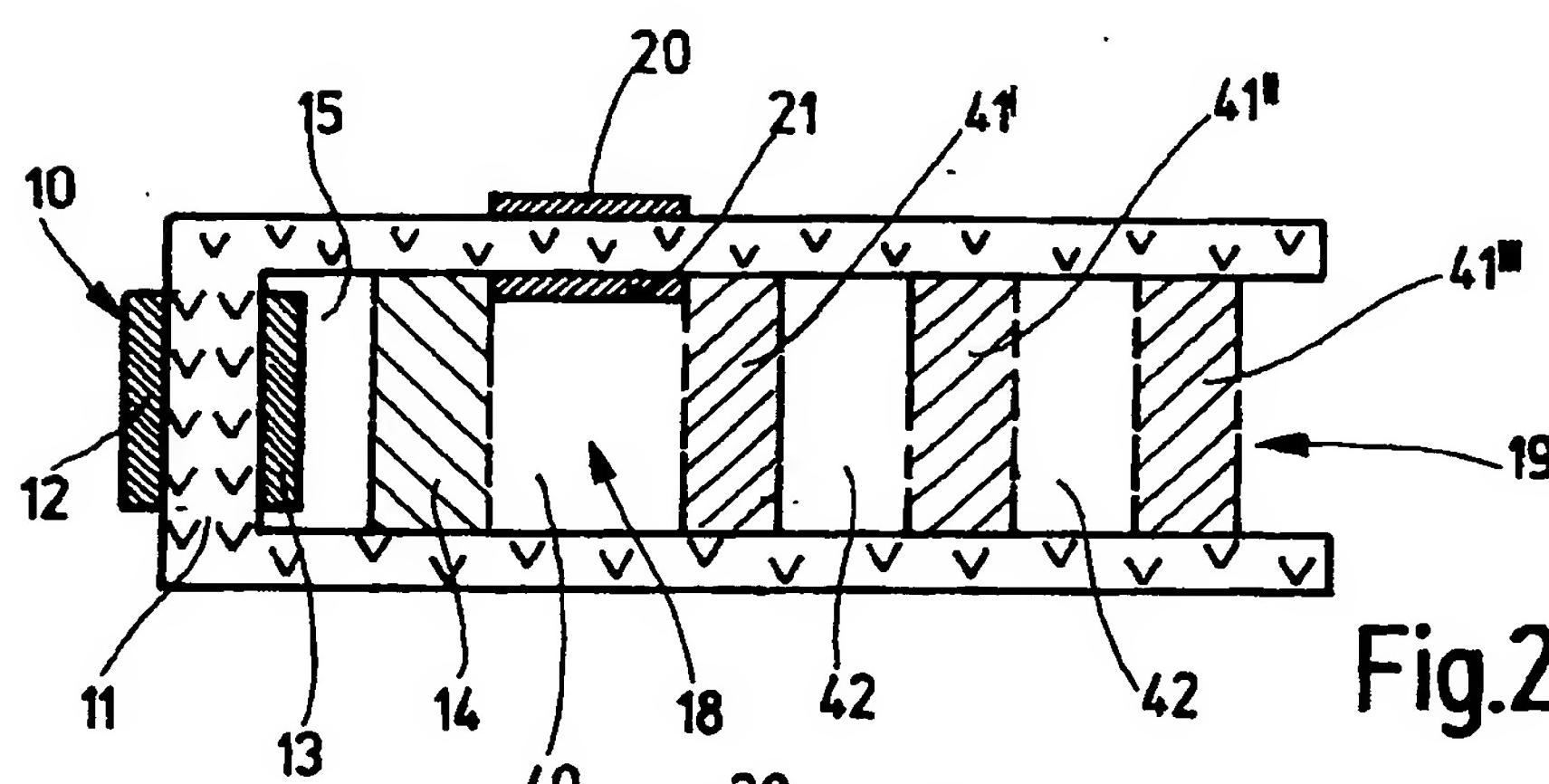
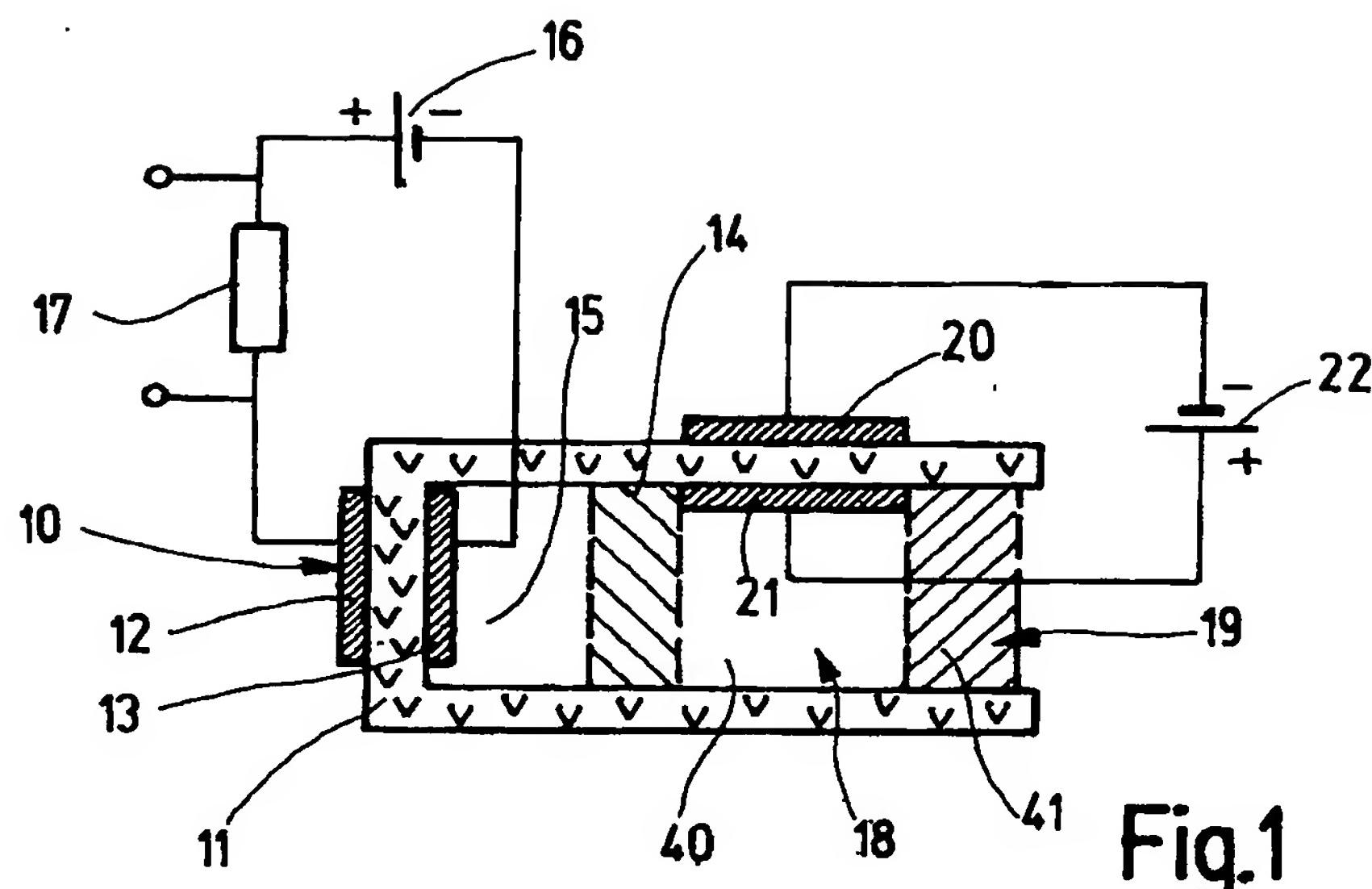
- 5
16. Messfühler nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzgaskanal (32) eine vom Abgas beaufschlagte Öffnung (37) aufweist, dass zwischen Referenzelektrode (33) und Öffnung (37) eine Diffusionsstrecke (19) und ein der Diffusionsstrecke (19) zur Referenzelektrode (33) hin vorgelagertes Sauerstoff-Speichervolumen (18) vorhanden sind, dass auf der von der Diffusionsstrecke (19) abgekehrten Seite der Referenzelektrode (33) eine durch eine Diffusionsbarriere (14) getrennte Zusatzelektrode (13) angeordnet ist und dass zur Gasdruckmessung die Referenzelektrode (33) so betrieben wird, dass in der Kammer (18) ein konstanter Molenbruch des Sauerstoffs von 100% vorhanden ist und der über die äußere Pumpenelektrode (30) und die Zusatzelektrode (13) fließende Grenzstrom als Maß für den Abgasdruck erfasst wird.
- 10
17. Messfühler nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzgaskanal (32) eine vom Abgas beaufschlagte Öffnung (37) aufweist, dass zwischen Referenzelektrode (33) und Öffnung (37) eine Diffusionsstrecke (19) und ein dieser zur Referenzelektrode (33) hin vorgelagertes Sauerstoff-Speichervolumen (18) ausgebildet sind, das durch eine Diffusionsbarriere (14) von der Referenzelektrode (33) getrennt ist, und dass in Intervallen an die äußere Pumpenelektrode (30) und die Referenzelektrode (33) eine solche Spannung gelegt wird, dass im Sauerstoff-Speichervolumen (18) ein konstanter Molenbruch des Sauerstoffs von 100% vorhanden ist und nach Umschalten der Spannung der über die äußere Pumpenelektrode (30) und Referenzelektrode (33) fließende Grenzstrom als Maß für den Abgasdruck erfasst wird.
- 15
18. Messfühler nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass in einem im Messraum (26) mündenden Verbindungskanal (39) zum Abgas eine Diffusionsstrecke (19) und ein dieser zum Messraum (26) hin vorgelagertes Sauerstoff-Speichervolumen (18) ausgebildet sind, dass das Sauerstoff-Speichervolumen (18)
- 20
- 25
- 30

durch die Diffusionsbarriere (14) von dem Messraum (26) getrennt ist und dass in Intervallen die Pumpzelle (24) so betrieben wird, dass im Sauerstoff-Speichervolumen (18) ein konstanter Molenbruch des Sauerstoffs von 100% vorhanden ist und nach Umschalten der Stromrichtung in der Pumpzelle (24) der über die Pumpelektroden (30, 31) fließende Grenzstrom als Maß für den Abgasdruck erfasst wird.

- 5
19. Messfühler nach einem der Ansprüche 16 – 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsbarriere (14) eine für Knudsen-Diffusion erforderliche Porosität aufweist und die Diffusionsstrecke (19) einen möglichst kleinen Druckgradienten besitzt.
- 10
20. Messfühler nach einem der Ansprüche 16 – 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Sauerstoff-Speichervolumen (18) von einer Kammer (40) und die Diffusionsstrecke (19) von mindestens einer weiteren Diffusionsbarriere (41) aus keramischem Material gebildet ist.
- 15

R. 306202

1 / 3



R. 306202

2 / 3

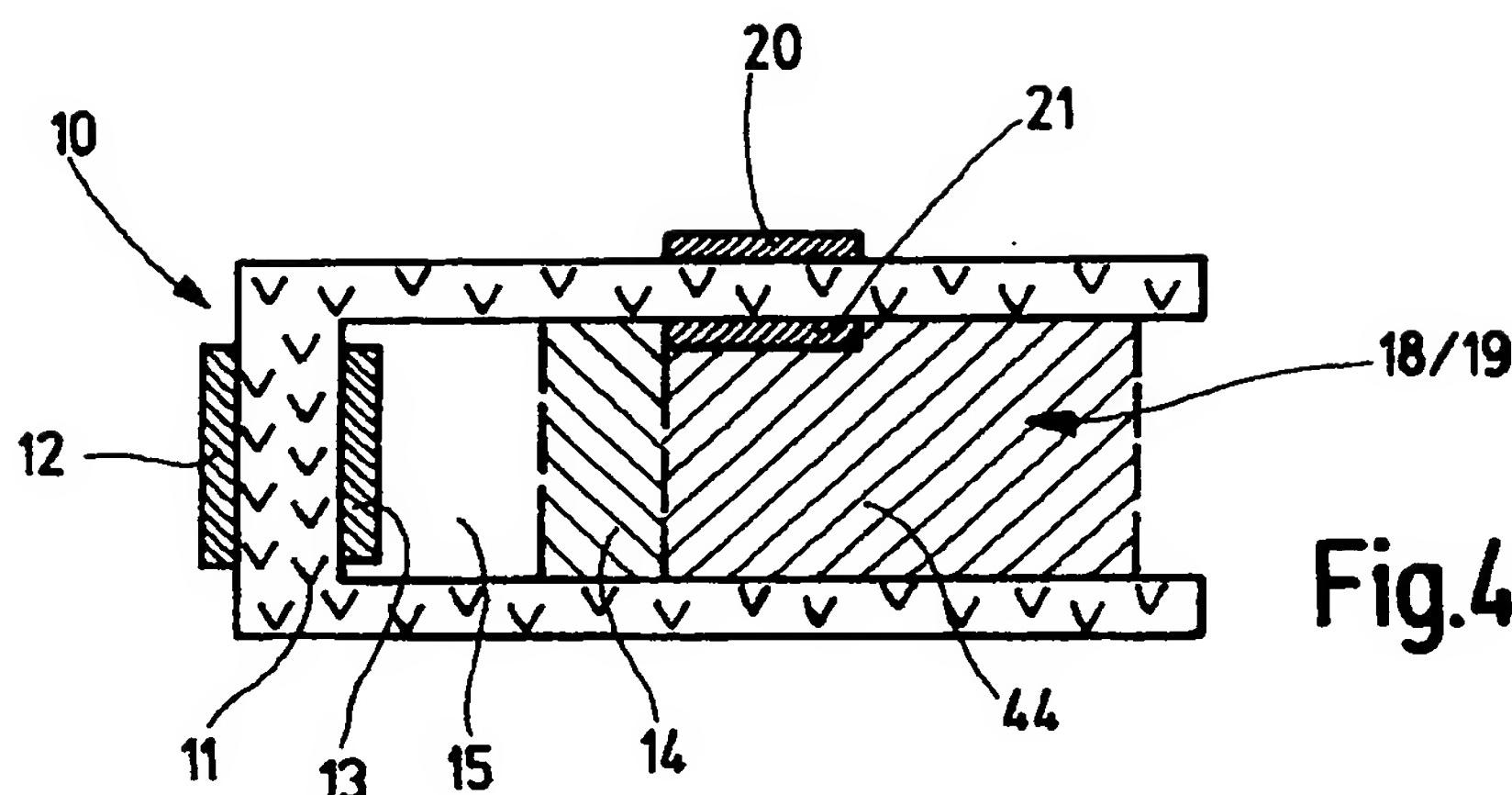


Fig.4

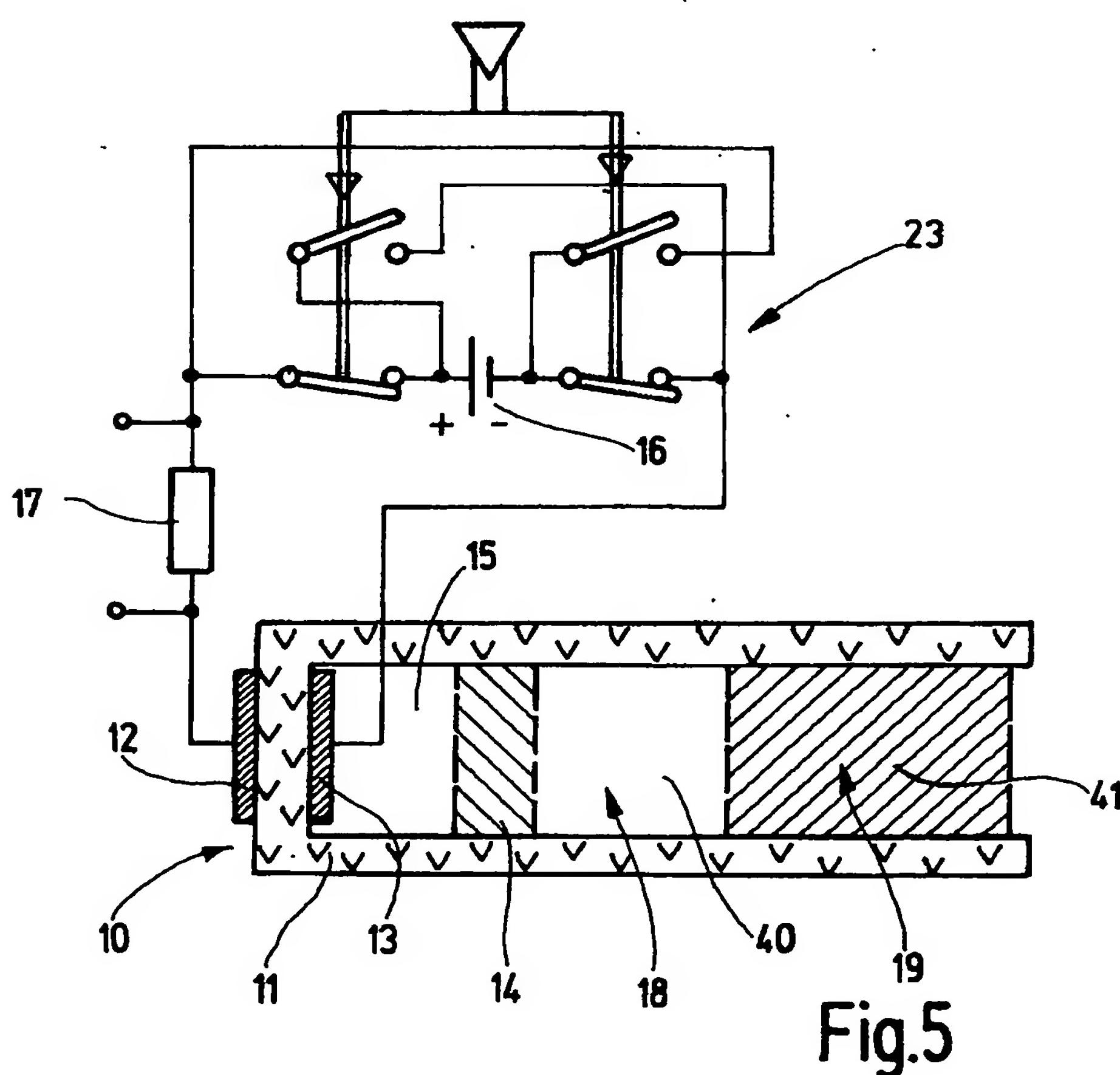


Fig.5

R. 306202

3 / 3

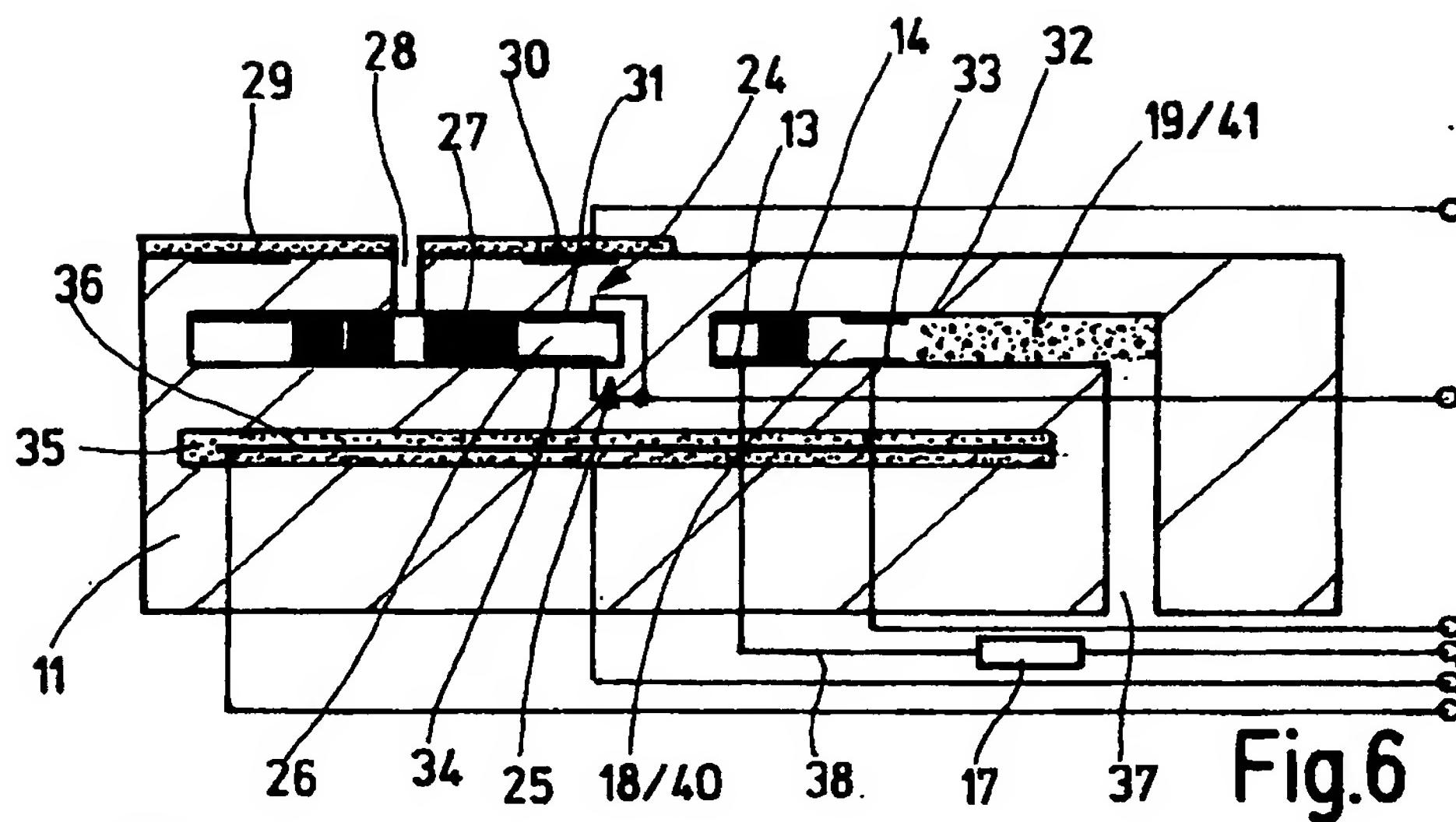


Fig.6

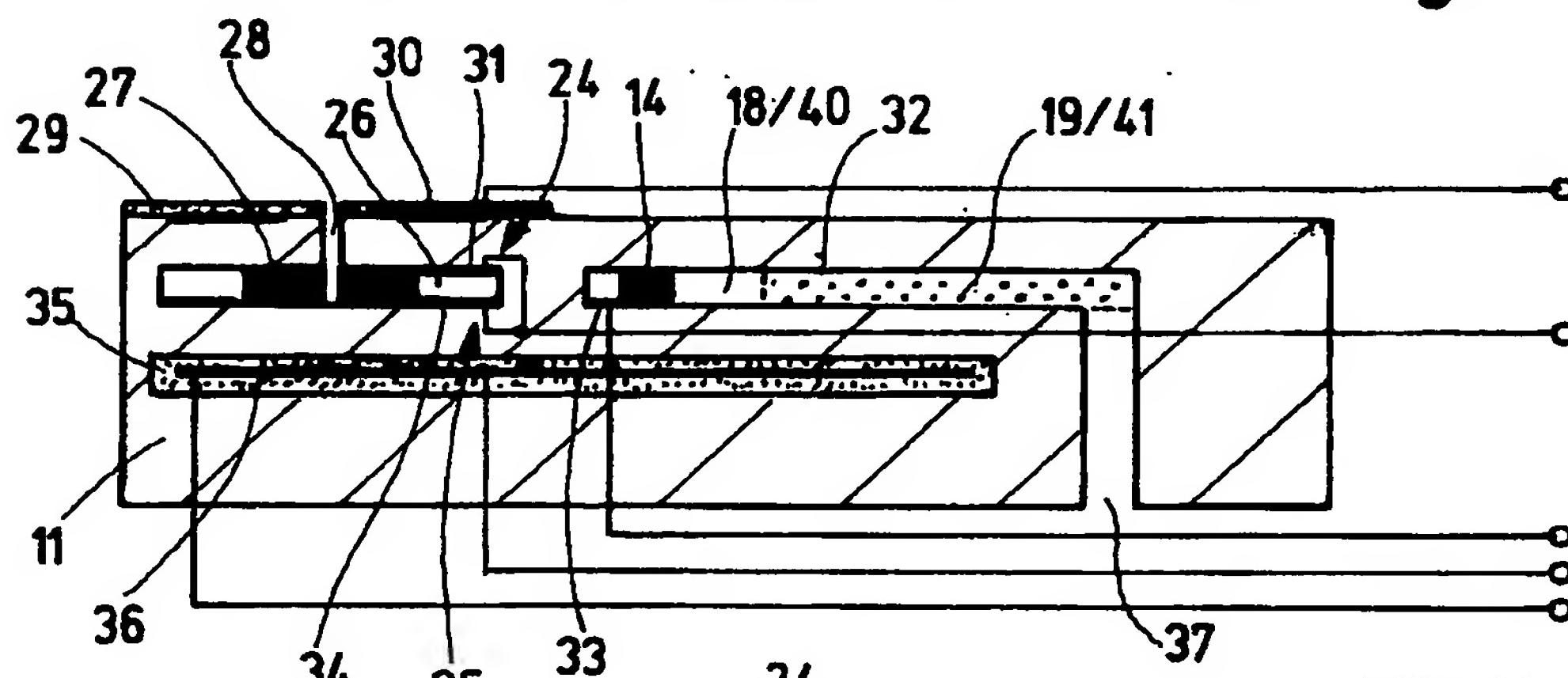


Fig.7

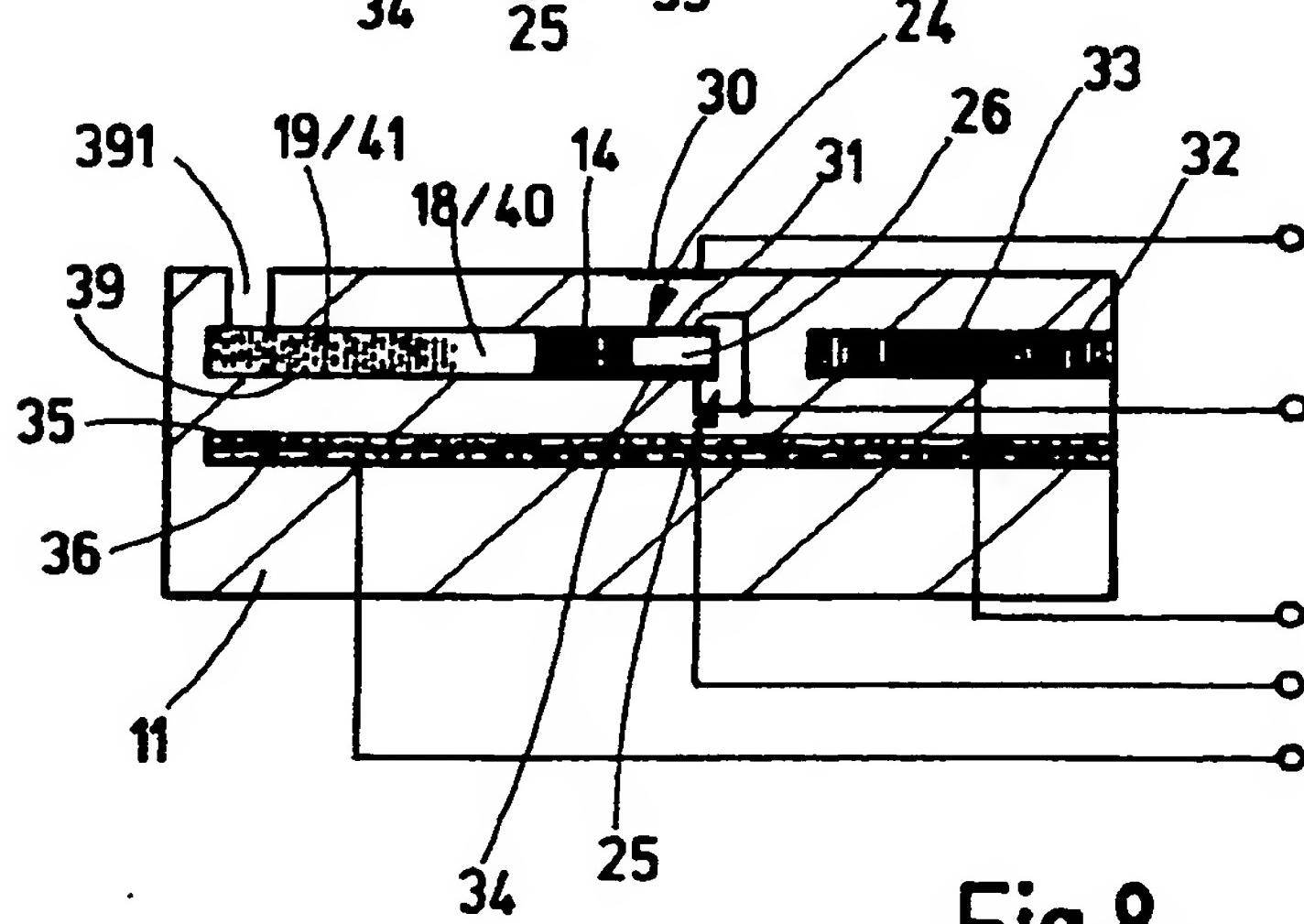


Fig.8

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01L11/00 G01N27/419 G01N27/407

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01L G01M G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 31 22 861 A1 (ROBERT BOSCH GMBH; ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART, DE) 30 December 1982 (1982-12-30) cited in the application page 5, line 21 – page 9, line 14	1-20
A	DE 196 21 433 A1 (ELECTROVAC, FABRIKATION ELEKTROTECHNISCHER SPEZIALARTIKEL GES.M.B.H.,) 5 December 1996 (1996-12-05) column 1, lines 3-29 column 2, lines 41-54	1-20
A	US 6 495 027 B1 (STAHL ROLAND ET AL) 17 December 2002 (2002-12-17) column 2, line 35 – column 4, line 9	1-20

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 February 2005

Date of mailing of the international search report

25/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Neumann, F

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 139 096 A (NGK SPARK PLUG CO., LTD) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraphs '0009! - '0016!, '0030! - '0038!, '0041! - '0043!, '0046! - '0049!, '0054! -----	1-20

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2004/052865

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 3122861	A1	30-12-1982	JP JP	58006245 U 63030987 Y2	14-01-1983 18-08-1988
DE 19621433	A1	05-12-1996	FR GB IT	2734907 A1 2301439 A MI961093 A1	06-12-1996 04-12-1996 01-12-1997
US 6495027	B1	17-12-2002	DE CZ WO EP JP	19930636 A1 20010750 A3 0102845 A1 1110079 A1 2003503734 T	18-01-2001 15-08-2001 11-01-2001 27-06-2001 28-01-2003
EP 1139096	A	04-10-2001	JP EP US	2001281214 A 1139096 A2 2001025787 A1	10-10-2001 04-10-2001 04-10-2001

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01L11/00 G01N27/419 G01N27/407

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01L G01M G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 31 22 861 A1 (ROBERT BOSCH GMBH; ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART, DE) 30. Dezember 1982 (1982-12-30) in der Anmeldung erwähnt Seite 5, Zeile 21 – Seite 9, Zeile 14 -----	1-20
A	DE 196 21 433 A1 (ELECTROVAC, FABRIKATION ELEKTROTECHNISCHER SPEZIALARTIKEL GES.M.B.H.,) 5. Dezember 1996 (1996-12-05) Spalte 1, Zeilen 3-29 Spalte 2, Zeilen 41-54 -----	1-20
A	US 6 495 027 B1 (STAHL ROLAND ET AL) 17. Dezember 2002 (2002-12-17) Spalte 2, Zeile 35 – Spalte 4, Zeile 9 ----- -/--	1-20



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- 'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
 'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
 'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
 '&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Februar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/02/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Neumann, F

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 139 096 A (NGK SPARK PLUG CO., LTD) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Absätze '0009! - '0016!, '0030! - '0038!, '0041! - '0043!, '0046! - '0049!, '0054! -----	1-20

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 3122861	A1	30-12-1982	JP	58006245 U		14-01-1983
			JP	63030987 Y2		18-08-1988
DE 19621433	A1	05-12-1996	FR	2734907 A1		06-12-1996
			GB	2301439 A		04-12-1996
			IT	MI961093 A1		01-12-1997
US 6495027	B1	17-12-2002	DE	19930636 A1		18-01-2001
			CZ	20010750 A3		15-08-2001
			WO	0102845 A1		11-01-2001
			EP	1110079 A1		27-06-2001
			JP	2003503734 T		28-01-2003
EP 1139096	A	04-10-2001	JP	2001281214 A		10-10-2001
			EP	1139096 A2		04-10-2001
			US	2001025787 A1		04-10-2001

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.